

## **IDEAS PREVIAS EN EL APRENDIZAJE DEL EFECTO INVERNADERO Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

*GULIZIA, CARLA<sup>1,2,4</sup>; ZAZULIE NATALIA<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/CONICET-UBA)

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>4</sup> UMI IFAECI/CNRS

carla.gulizia@gmail.com, nataliazazulie@gmail.com

### **RESUMEN**

El calentamiento global es un tema presente en la mayoría de los cursos iniciales de Ciencias de la Atmósfera y representa una problemática a nivel social que es ampliamente discutida tanto por científicos expertos, tomadores de decisiones, comunidades educativas y de protección ambiental. Es por esto que adquiere real importancia que este tema sea correctamente entendido por los estudiantes de niveles medio y superior que podrían eventualmente cumplir diversos roles en la sociedad. En este trabajo se detecta la existencia de conceptos previos en el aprendizaje de esta temática en estudiantes de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) de la Universidad de Buenos Aires. Se realizaron encuestas y una entrevista personal. Se encontró que muchos estudiantes asociaron el problema de la intensificación del efecto invernadero con el fenómeno conocido como agujero de ozono. Consecuentemente, planteaban que una de las posibles consecuencias de la intensificación del efecto invernadero era un aumento en la cantidad de casos de cáncer de piel. La mayoría manifestó haber recibido la mayor instrucción en la FCEN, y no en la escuela media. Se destaca la importancia de introducir esta temática en la curricula de la escuela media dada la relevancia social de la problemática.

**Palabras clave:** ideas previas, efecto invernadero, calentamiento global.

## INTRODUCCIÓN

La intensificación del efecto invernadero es uno de los principales problemas ambientales discutidos a nivel global en los últimos años. Se ha observado una tendencia positiva de temperatura en todo el globo sin precedentes con consecuencias que ya son visibles y afectan a la sociedad (IPCC, 2007). A raíz de esto, se podría considerar relevante incluir este tema en la educación media dado que al no estar explicitado en los contenidos curriculares<sup>1</sup> establecidos por el Ministerio de Educación, queda a criterio de la institución y/o del docente el dictado de este tema.

Diversos estudios (Boyes y Stanisstreet, 1992; Jeffries *et al.*, 2001; Ekborg y Areskoug, 2006) han mostrado en diferentes poblaciones universitarias que existen ideas previas o conceptos erróneos sobre el efecto invernadero. El preconceito más comúnmente encontrado es la confusión entre el agujero de ozono y la intensificación del efecto invernadero o calentamiento global. Por otro lado, la mitigación del calentamiento global a futuro necesitará de un cambio cultural en la sociedad y es por eso que para ello es necesario educar a la población en este tema.

De acuerdo con Boyes y Stanisstreet (1992), a pesar de que el problema de la intensificación del efecto invernadero tiene un impacto global, este es casi imperceptible a nivel individual y, por lo tanto, toma un carácter de naturaleza abstracta. Dada la complejidad de demostrar situaciones abstractas, se torna realmente difícil aprender un tema que el individuo no lo considera en la experiencia cotidiana.

Durante muchos años se creyó que los profesores cumplían un papel de transmisores de conocimiento, donde la mente de los alumnos era concebida como un recipiente vacío que debía ser llenado. Se consideraba que el proceso de aprendizaje dependía de la capacidad del alumno (Campanario y Otero, 2000). Hoy, en cambio, se abandonaron estas creencias y se sabe que los alumnos tienen un conjunto de ideas previas o preconceitos sobre los contenidos científicos. De acuerdo con Campanario y Otero (2000), se reconoce unánimemente que estas ideas previas son uno de los factores clave que deben tenerse en cuenta como condición necesaria (aunque no suficiente) para un aprendizaje significativo de las ciencias.

Diversos trabajos han explorado los posibles preconceitos existentes en alumnos de nivel de enseñanza media y superior. Uno de ellos es el trabajo de Ekborg y Areskoug (2006) que tiene como objetivo estudiar cómo se desarrolla el concepto de efecto invernadero en estudiantes de Profesorado de Ciencias en Suecia durante su entrenamiento inicial. Se encuestaron alrededor de 50 estudiantes en tres oportunidades a lo largo del primer año de la carrera, siguiendo la evolución de cada uno. En los cursos que tomaron los alumnos, recibieron alguna instrucción sobre el tema.

En las tres oportunidades, la encuesta tenía una sección de multiple choice, con 12 afirmaciones sobre causas y consecuencias del efecto invernadero y la capa de ozono, y se les pedía a los estudiantes que indiquen si las afirmaciones eran correctas o no. Las afirmaciones fueron tomadas de Boyes y Stanisstreet (1993) y de Boyes *et al.* (1995). Se trató de identificar si los estudiantes podían separar estos dos fenómenos. En el segundo y tercer encuentro con los estudiantes, se agregó una pregunta abierta: ¿Qué es el efecto invernadero?

Por su parte, Ekborg y Areskoug (2006) señalan los conceptos científicos y procesos que se necesitan para entender el efecto invernadero y de esta forma se agrupan las respuestas en

---

<sup>1</sup> (<http://portal.educacion.gov.ar/secundaria/contenidos-curriculares-comunes-nap/>)

categorías, siguiendo el trabajo de Andersson y Wallin (2000). En ese mismo estudio se proponen seis categorías en orden creciente de acuerdo a los conceptos que posee un individuo para explicar el fenómeno.

Otro importante estudio es el de Jeffries *et al.* (2001), cuyo objetivo es analizar los preconcepciones de los estudiantes de grado durante el primer año de la carrera de biología sobre las consecuencias, causas y mitigación del efecto invernadero utilizando un cuestionario con preguntas cerradas con forma de *multiple choice*. Se compararon los resultados con un estudio similar con una población equivalente realizado 10 años atrás (Boyes y Stanisstreet 1992). La muestra tomada por Jeffries *et al.* (2001), comprendía 267 estudiantes entre 17 y 38 años aunque para poder producir una muestra homogénea y hacer una mejor comparación con el estudio anterior, sólo se incluyeron en el análisis los estudiantes entre 18 y 20 años. Estos autores esperaban que, a la luz de la creciente aceptación de una exacerbación del calentamiento global entre los expertos, y la creciente relevancia de este fenómeno entre el público en general, los adultos jóvenes de su estudio estuvieran mejor informados sobre las causas, consecuencias y posibles medidas de mitigación del calentamiento global que la muestra del trabajo de Boyes y Stanisstreet (1992). Los conceptos erróneos frecuentes encontrados en Jeffries *et al.* (2001) fueron que el calentamiento global es causado por el aumento de radiación solar, que está vinculado con la capa de ozono y que tiene como consecuencia el aumento del número de casos de cáncer de piel.

En este contexto y, dado que no hay estudios previos sobre esta temática en las ciencias de la atmósfera en Argentina, el objetivo del presente trabajo es detectar si existen preconcepciones acerca del efecto invernadero entre estudiantes de la FCEN de la Universidad de Buenos Aires que se encuentran cursando materias iniciales del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO).

## METODOLOGÍA

Se tomó una encuesta individual y escrita a 74 estudiantes universitarios de entre 17 y 34 años de edad de la FCEN pertenecientes a las carreras: Ciencias de la Atmósfera, Oceanografía, Ciencias Biológicas y Paleontología. Al momento de completar la encuesta todos los alumnos habían recibido alguna instrucción sobre el efecto invernadero y calentamiento global, en las materias (*e.g.* Meteorología General, Oceanografía General o Introducción a las Ciencias de la Atmósfera y los Océanos) que se encontraban cursando en el DCAO.

La encuesta contenía una pregunta abierta: ¿Qué es el efecto invernadero?, 24 preguntas tipo *multiple choice* sobre las causas y consecuencias del calentamiento global y 7 preguntas sobre su percepción sobre cuánto sabían del tema y donde aprendieron lo que saben. Las preguntas de respuesta múltiple tenían cinco opciones de acuerdo al grado de certeza de la respuesta. Este trabajo se basó en el cuestionario propuesto por Jeffries *et al.* (2001), y por Ekborg y Areskoug (2006) (se puede ver la encuesta completa en el Anexo I).

De la pregunta abierta, se clasificaron las distintas respuestas obtenidas en las encuestas, en las categorías mencionadas en el trabajo de Ekborg y Areskoug (2006). En el Anexo II se transcriben las categorías señaladas en ese trabajo y en el Anexo III los conceptos necesarios para describir el fenómeno. Las categorías fueron elaboradas de acuerdo a los conceptos que se señalan en las respuestas para describir el fenómeno.

Una vez analizadas las encuestas, se identificó un sujeto que, a partir del análisis de su respuesta abierta, tenía la mayoría de los conceptos necesarios para ser clasificada en una de las categorías más avanzadas para la comprensión del concepto del efecto invernadero. Sin embargo, en las respuestas del *multiple choice* se pudieron identificar algunos de los conceptos erróneos señalados en los trabajos de referencia. La principal motivación para entrevistar a este sujeto en particular era indagar sobre las causas de la intensificación del efecto invernadero para ver si mediante la contraargumentación el sujeto confirmaba la estabilidad en sus respuestas y se realizó una entrevista clínica piagetiana de modo tal de poder seguir el pensamiento del entrevistado y aprovechar las posibilidades de profundización en la indagación. La entrevista tuvo una duración de aproximadamente 15 minutos.

## RESULTADOS

### Análisis de las encuestas

En la Figura 1 se muestra el porcentaje por categoría de modelo conceptual de cada respuesta obtenida (ver Anexo II). Los resultados indican que el 70% de los alumnos poseen los conceptos más elementales como para pertenecer a las categorías 1 y 2 (45% y 25%, respectivamente). Las respuestas incluidas en estas categorías sólo señalan saber la existencia del fenómeno y no pueden describir ningún proceso físico involucrado. Los alumnos restantes se distribuyen entre las categorías 3 a 6, en las cuales describen uno o más procesos físicos para explicar el fenómeno. En la categoría más avanzada, la seis, donde la explicación del fenómeno es acabada y pueden unir los procesos para concluir que se trata de un balance energético, sólo un alumno tenía todos los conceptos necesarios (Ver Anexo III).

Por otro lado, cuando se preguntó si pensaban que si no hubiese efecto invernadero, no habría vida en la Tierra, la mayoría (80%) contestó correctamente afirmando lo enunciado. Es importante aclarar que, de aquí en adelante, cuando se habla de respuestas positivas se tomarán las respuestas de “estoy seguro de que es correcto” como así también la de “creo que es correcto”. De la misma manera, las respuestas negativas serán las de “estoy seguro que es incorrecto” como también las de “creo que es incorrecto”.

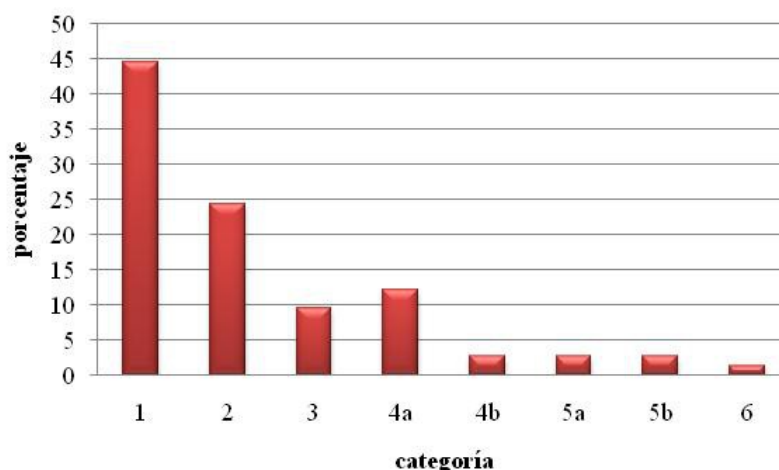
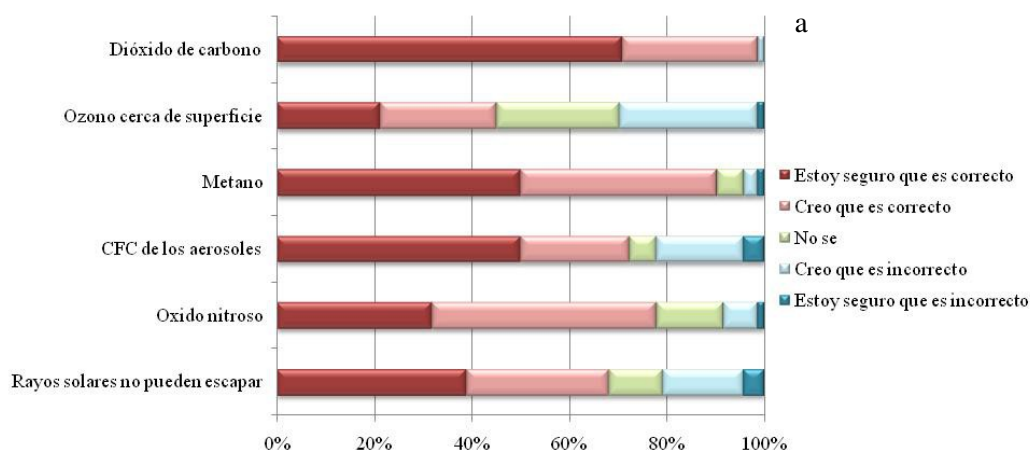


Figura 1: Porcentaje por categoría de modelo conceptual de cada respuesta

Para facilitar el análisis de las respuestas, en las Figuras 2a y 2b se separaron las afirmaciones en las que eran consideradas científicamente aceptadas por un lado, (Figura 2a) y las que no lo eran (Figura 2b) por el otro.

El análisis de los resultados indica que las causas científicamente aceptadas eran mayormente conocidas y por lo tanto fueron correctamente resueltas. Sin embargo, se puede destacar que la afirmación que decía: “El efecto invernadero es causado por el ozono en superficie” fue la que menos respuestas positivas obtuvo, dando una pauta de que la mayoría de los alumnos encuestados tenían un cierto grado de confusión entre el fenómeno del agujero de ozono del efecto que tiene el ozono en superficie. La mayoría (55%) de los alumnos contestaron que no sabían o que era incorrecto, a pesar de ser una afirmación correcta. Asimismo la adjudicación del dióxido de carbono como causa de la intensificación del efecto invernadero fue la afirmación que obtuvo más respuestas positivas y, por lo tanto correctas, y puede deberse a que es la causa más frecuentemente mencionada en los medios de difusión.

Por otro lado, se puede observar en la Figura 2 que la mayoría de las afirmaciones, no aceptadas por la comunidad científica, fueron consideradas incorrectas lo cual sería a la vez una respuesta correcta por parte de la mayoría de los alumnos. Sin embargo, más del 60% de los encuestados afirman que es correcto el hecho de que el efecto invernadero se intensificaría si aumenta la radiación solar entrante. Este resultado estaría resaltando una confusión evidente entre alguno de los conceptos de radiación, tal como son la absorción, emisión, reflexión y la diferencia entre radiación saliente y entrante. Otra característica relevante que se puede extraer de los resultados es la confusión entre agujero de ozono y efecto invernadero. Casi el 40% de los alumnos encuestados afirma que una de las causas del efecto invernadero es el agujero de ozono y poco menos del 20% no sabe si lo es o no. También se puede destacar que los tres principales gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano y óxido nítrico) fueron altamente considerados como causas reales del mismo. Con respecto a los clorofluorocarbonos (CFC) de los aerosoles, aunque predominaron las respuestas positivas, hubo un menor grado de acuerdo entre los encuestados comparado con los otros gases previamente mencionados.



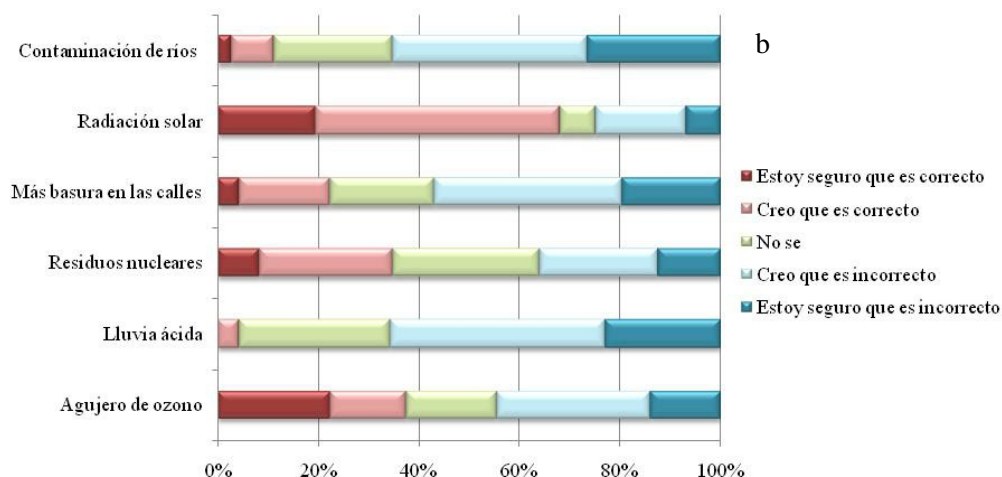
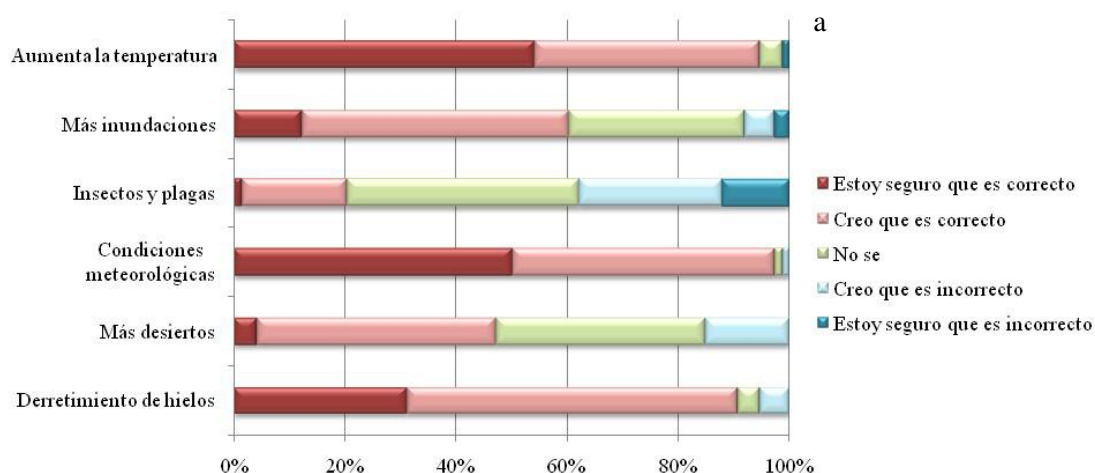


Figura 2: Respuestas sobre las causas del efecto invernadero. a: Científicamente aceptadas.  
b: No aceptadas científicamente.

Cuando se preguntó acerca de las consecuencias del efecto invernadero (Figura 3) se pudo destacar, dentro de las afirmaciones que no son aceptadas por los científicos (Figura 3b), aquella referida al cáncer de piel. Esta afirmación tiene un porcentaje mayor de respuestas incorrectas respecto de las demás (30% aproximadamente). Podría deberse entre otras razones a la confusión que algunos tenían entre el concepto de agujero de ozono y el efecto invernadero. Por otro lado, de las respuestas científicamente aceptadas (Figura 3a) se puede destacar que las principales consecuencias del efecto invernadero (aumento de la temperatura, cambios en las condiciones meteorológicas y derretimiento de los hielos) superan el 90% de respuestas positivas. Las otras consecuencias reales no tienen tal grado de acuerdo entre los encuestados.





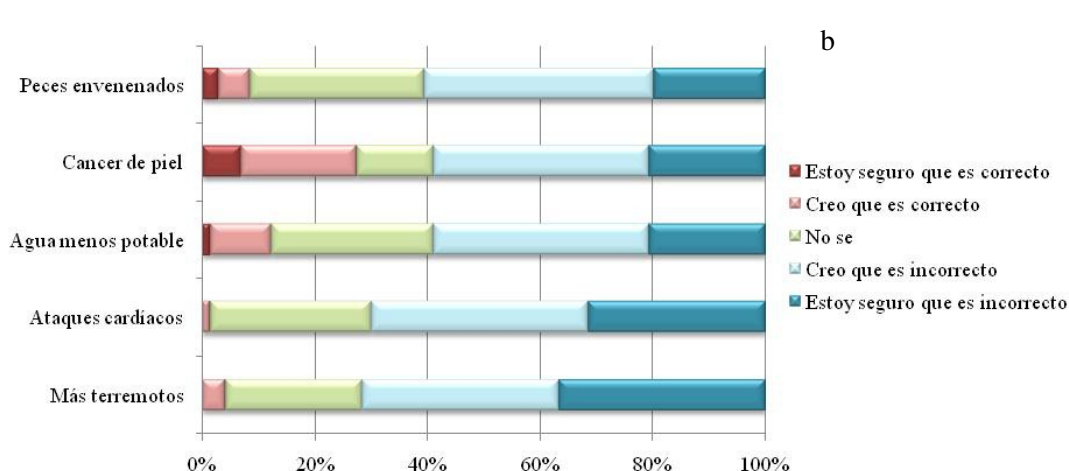


Figura 3: Respuestas sobre las consecuencias del efecto invernadero. a: Científicamente aceptadas. b: No aceptadas científicamente

Finalmente, las dos últimas preguntas de la encuesta consistían en ver qué grado de conocimiento los alumnos creían tener y cuáles eran las fuentes de aprendizaje del tema (Figura 4). Más del 80% consideraba que sabía “un poco” y más del 10%, “muy poco”. La fuente de donde consideraban que habían aprendido más sobre el efecto invernadero era en alguna materia dictada en la FCEN. Fueron muy pocos los que consideraban haber aprendido mucho del tema en el colegio secundario.

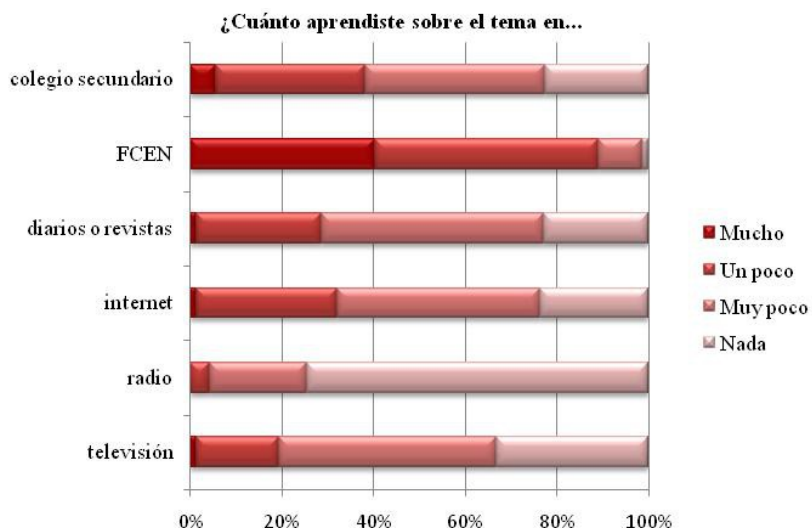


Figura 4: Porcentaje de respuestas sobre cuáles eran las fuentes de donde habían aprendido el tema

### Elaboración de la entrevista

A partir de los resultados de las encuestas surgieron los siguientes interrogantes:

¿Los estudiantes de la FCEN confunden el efecto invernadero con el agujero de la capa de ozono? ¿Será esto lo que les hace pensar que habrá más casos de cáncer de piel? ¿Piensan que la causa del calentamiento global es el aumento de la radiación solar que llega a la Tierra?

Durante el proceso de toma de encuestas se identificó a uno de los sujetos y se analizaron sus respuestas. La respuesta abierta del sujeto entrevistado fue categorizada como 5b dado que en

la explicación que dio acerca del fenómeno se pudieron identificar los conceptos pero no manifestó saber que estos procesos implican un balance dinámico. A continuación se transcribe la respuesta abierta:

*“El efecto que ocurre debido a que cuando los rayos del sol ingresan a la atmósfera, parte de ellos la atraviesan y llegan al suelo, donde son absorbidos y reemitidos hacia la atmósfera, en forma de rayos infrarrojos. Como la atmósfera absorbe en esa longitud de onda, parte de esa radiación, es reemitida nuevamente hacia el suelo, esto permite que la temperatura de la Tierra sea apta para la vida”.*

A pesar de que la alumna entrevistada tenía la mayoría de los conceptos necesarios para ser clasificada en una de las categorías más avanzadas, al analizar las respuestas de *multiple choice* se identificaron algunos de los conceptos señalados en los trabajos de referencia.

En la sección donde se cuestionaba acerca de las consecuencias de la intensificación del efecto invernadero, este sujeto creía que era correcto que habría más casos de cáncer de piel. A su vez, en la sección de causas afirmaba que el efecto invernadero se debía, en parte, al agujero de ozono. Esto podría estar relacionado con el hecho de que, al hablar de problemas ambientales en los medios de comunicación y de divulgación científica, se menciona el efecto invernadero, el agujero de ozono, el calentamiento global y tal vez la gente tiende a pensar que todos estos fenómenos están relacionados.

Por otro lado, otra de las causas de la intensificación del efecto invernadero que el sujeto adjudicaba era el aumento de la radiación solar que llega a la Tierra. Este concepto fue señalado también en Jeffries *et al.* (2001).

### **Análisis conjunto de los resultados de la encuesta y la entrevista**

En primer lugar, al analizar la entrevista se observa que la estudiante esboza los conceptos necesarios para ser incluida en la categoría 5b, tal como se desprende de su respuesta de la pregunta abierta en la encuesta. Incluso en esta oportunidad, la alumna habla de balance entre energía entrante y saliente, y explica que la temperatura de la tierra aumenta debido a que se rompe ese equilibrio. Por lo tanto, debido a que posee y comprende todos los conceptos necesarios, podría ser incluida en la última categoría.

En segundo lugar, se hicieron preguntas en relación a las causas de la intensificación del efecto invernadero. Se había señalado, en base a la encuesta, que la alumna pensaba que el aumento de la radiación solar que llega a la Tierra podría explicar que el efecto invernadero se intensifique. Durante la entrevista, ella menciona que los gases de efecto invernadero son los principales causantes del calentamiento global, aunque afirma que existe una influencia de los ciclos solares, y que en la fase positiva, es decir, cuando hay mayor emisión de radiación solar y, por lo tanto, llega mayor cantidad de radiación a la superficie terrestre, podría haber un aumento de temperatura. Existe un debate en la comunidad científica acerca de las causas reales del calentamiento global, y una de ellas tiene que ver con la posible influencia del sol en la alteración del balance radiativo. El sujeto podría haber escuchado estas discusiones y, por lo tanto, podría no sentirse seguro de tomar ninguna posición al respecto. Más adelante en la entrevista, ella retoma esta discusión pero en este caso afirma que el aumento de temperatura no podría ser explicado por estos ciclos ya que los valores de temperatura registrados en los últimos años no tienen precedentes. Nuestra hipótesis es que la alumna no está



comprendiendo realmente ninguno de los dos conceptos y, por lo tanto, no está confrontando estas dos ideas que presenta en la entrevista, y no se le está generando un conflicto cognitivo. Por último, como se había identificado a partir de la encuesta que la alumna estaba segura de que el efecto invernadero se intensifica por el agujero de ozono y, a su vez, creía que era correcto que, consecuentemente, hubiera más casos de cáncer de piel, se realizaron preguntas exploratorias para evaluar si el sujeto confirmaba esta confusión entre el calentamiento global y el agujero de ozono a lo largo de la entrevista. De las respuestas dadas por la alumna se ve que puede separar estos dos fenómenos. Más aún, se le hizo una pregunta de contraargumentación citando una afirmación falsa de un blog acerca de la posibilidad de que el calentamiento global provoque un aumento en los casos de cáncer de piel. Se comprobó la estabilidad de sus respuestas anteriores dado que dijo no estar de acuerdo con dicha afirmación. Por consiguiente, es probable que no haya pensado profundamente su respuesta a la hora de contestar las preguntas planteadas en el *multiple choice*.

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se analizó cómo entienden el efecto invernadero los alumnos de la FCEN que se encuentran cursando materias iniciales del DCAO. Luego de analizar las 74 encuestas junto con la entrevista realizada a una alumna de la muestra considerada, se pueden extraer algunas conclusiones generales. En primer lugar, de la pregunta abierta “¿Qué es el efecto invernadero?” se pudo concluir que el 70% de los alumnos comprendían muy poco sobre el tema y fueron categorizados como categorías 1 y 2 (45% y 25%, respectivamente), mientras que los restantes estaban distribuidos entre las categorías 3 a 6. Más aún, en la categoría más avanzada, la seis, sólo un alumno tenía todos los conceptos necesarios.

Por un lado, se lograron identificar algunas ideas previas similares a las encontradas en Jeffries *et al.* (2001) y Ekborg y Areskoug (2006). Por ejemplo, un error común que presentaron los alumnos fue la confusión entre el efecto invernadero o calentamiento global y el agujero de ozono. Consecuentemente, muchos de ellos planteaban que una de las posibles consecuencias de la intensificación del efecto invernadero era un aumento en la cantidad de casos de cáncer de piel.

Por otro lado, algunos alumnos, entre ellos el sujeto entrevistado, adjudicaba como una posible causa de la intensificación del efecto invernadero un aumento en la emisión de radiación solar que llega a la superficie terrestre. Este punto fue analizado en detalle durante la entrevista y se pudo confirmar lo que el sujeto había contestado previamente en la encuesta. A diferencia de los resultados de Jeffries *et al.* (2001) y Ekborg y Areskoug (2006) que mencionaban a este tema como una idea previa muy común entre diferentes poblaciones analizadas pero sin dar una justificación de porqué ellos creían que esto era cierto, la alumna entrevistada tenía una justificación. Ella decía que esta posible causa podía deberse a que los rayos solares tenían ciclos y, por lo tanto, en la fase positiva de los mismos había mayor radiación que podía llegar a la superficie terrestre y así aumentar el efecto invernadero. Esta justificación, sin embargo, no le generaba ningún conflicto frente a lo que luego afirmaba diciendo que el calentamiento global no podría ser explicado por estos ciclos ya que los valores de temperatura registrados en los últimos años no tienen precedentes. A partir de esto, en el marco de la teoría piagetiana, se puede concluir que la alumna no logró generar un conflicto cognitivo en donde le hiciera “ruido” la confrontación de estas dos ideas. Piaget

planteaba que el crecimiento intelectual no consiste en una adición de conocimientos sino en grandes períodos de re-estructuración (Ferreiro, 1999). No era el objetivo de la entrevista lograr que el alumno adquiriera un nuevo conocimiento a partir de un conflicto interno, sino que simplemente se intentó analizar cuáles eran las ideas previas que el sujeto tenía. Sin embargo, en el caso de la entrevista, cuando ella afirma que el aumento de temperatura nunca superó en el pasado los valores que tiene actualmente, se podría haber planteado por qué piensa que los ciclos solares pueden influir en el efecto invernadero si éstos estuvieron presentes siempre a lo largo de toda la historia. Así, frente a diferentes situaciones problemáticas, podría llegar a concluir por sus propios medios que las variaciones de radiación solar en esos ciclos no son significativas para hacer una diferencia en lo que es el efecto invernadero.

Por último, se pudo concluir que los alumnos manifiestan no haber aprendido mucho del efecto invernadero en la escuela secundaria. La mayoría de ellos afirma haber escuchado algo en los medios de divulgación, tales como revistas, diarios y televisión, y sobre todo en alguna materia cursada en la FCEN. Al respecto, se puede comparar estos resultados con los que muestra Jeffries *et al.* (2001). En ese trabajo, la población analizada afirmaba haber aprendido bastante en la escuela media. Por lo tanto, al menos de la población considerada en el presente trabajo, se puede concluir que el currículo de las materias dictadas en la escuela media debería ampliarse e incluir al menos algo del tema del efecto invernadero ya que, como se discutió previamente, éste es de real importancia por ser uno de los principales problemas ambientales discutidos a nivel global en los últimos años.

### **Agradecimientos**

Agradecemos a la Lic. María Emilia Quaranta por sus valiosos comentarios, a nuestros colegas que nos permitieron usar tiempo de sus clases y a los estudiantes que completaron las encuestas.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Andersson, B. y Wallin, A. (2000). Students' understanding of the greenhouse effect, social consequences of reducing CO<sub>2</sub> emissions and why ozone layer depletion is a problem. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (10): 1096-1111
- Boyes, E. y Stanisstreet, M. (1997). The Environmental Impact of Cars: children's ideas and reasoning. *Environmental Education Research*, 3 (3): 269-228
- Boyes, E., Chambers, W. y Stanisstreet, M. (1995). Trainee primary teachers' ideas about the ozone layer. *Environmental Education Research*, 1 (2): 133-144
- Boyes, E. y Stanisstreet, M. (1992). Students' perceptions of global warming. *International Journal of Environmental Studies*, 42: 287-300

Campanario, J.M. y Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2): 155-169

Ekborg, M. y Areskoug, M. (2006). How student teachers' understanding of the greenhouse effect develops during a teacher education programme. *Nordina*, 5: 17-29

Ferreiro, E. (1999). Psicogénesis y educación. En: Ferreiro, E., *Vigencia de Jean Piaget* (84-92). México: Siglo XXI.

IPCC (2007). Climate Change. The Scientific Basis. Cambridge University Press.

Jeffries, H., Stanisstreet, M. y Boyes, E. (2001). Knowledge about the 'Greenhouse Effect': Have college students improved? *Research in Science & Technological Education*, 19 (2): 205-219.

Ministerio de Educación. <http://portal.educacion.gov.ar/secundaria/contenidos-curriculares-comunes-nap/> Último acceso: 09 de agosto de 2012.

## ANEXO I

### Encuesta

Esta es una encuesta anónima que no tiene carácter de evaluación. El tema de la encuesta es *El efecto invernadero*.

#### Información personal:

Edad: \_\_\_\_\_ Género: M / F

Carrera: \_\_\_\_\_ Año de ingreso a la FCEN: \_\_\_\_\_

Materia: \_\_\_\_\_

Otras materias del DCAO en curso: \_\_\_\_\_

Materias del DCAO cursadas: \_\_\_\_\_

#### Cuestionario sobre el efecto invernadero:

1) Desarrolle brevemente con sus propias palabras:

¿Qué es el efecto invernadero?

---

2) Marque con una cruz la opción con la que más se identifique:

Estoy seguro de que es correcto	Creo que es correcto	No sé	Creo que es incorrecto	Estoy seguro de que es incorrecto
--	----------------------------	-------	------------------------------	--

#### **Si el efecto invernadero se intensifica ...**

...a ☐umentará la temperatura de la Tierra

...h ☐rá más inundaciones

...h ☐rá más peces envenenados en los ríos

...i ☐ gente tendrá cáncer de piel

...e ☐agua de la canilla será cada vez menos potable

...h ☐rá más insectos y plagas en los cultivos

...se modificarán las condiciones meteorológicas en  
todo el mundo

...i ☐ gente morirá de ataques cardíacos

...h ☐rá más desiertos en el mundo

...s ☐erretirán los hielos de los polos

...h ☐rá más terremotos

	Estoy seguro de que es correcto	Creo que es correcto	No sé	Creo que es incorrecto	Estoy seguro de que es incorrecto
<b>Si no hubiese efecto invernadero no habría vida en la Tierra</b>	<input type="checkbox"/>				

	Estoy seguro de que es correcto	Creo que es correcto	No sé	Creo que es incorrecto	Estoy seguro de que es incorrecto
--	--	----------------------------	-------	------------------------------	--

**El efecto invernadero se intensifica ...**

... ☐ cuando se contaminan los ríos

... ☐ cuando aumenta la radiación solar que llega a la Tierra

... ☐ cuando aumenta el dióxido de carbono

... ☐ cuando aumenta la cantidad de ozono cerca de superficie

... ☐ cuando hay más basura en las calles

... ☐ cuando hay más gases emitidos por la descomposición de la basura (metano)

... ☐ cuando aumentan los residuos radioactivos de las centrales nucleares

... ☐ la lluvia ácida

... ☐ los gases CFC de los aerosoles

... ☐ por los gases emitidos por los fertilizantes artificiales (óxido nitroso)

... ☐ por el agujero de ozono

... ☐ cuando los rayos solares quedan atrapados en la atmósfera

Mucho      Un poco      Muy poco      Nada

**¿Cuánto pensás que sabés del efecto invernadero?**

**¿Cuánto aprendiste sobre el efecto invernadero...**

... ☐ en el colegio secundario?

... ☐ en esta u otra materia de la FCEN?

... ☐ en diarios o revistas?

... ☐ en internet?

... ☐ en la radio?

...la televisión?

## ANEXO II

### Modelos conceptuales

- **Categoría 1**  
Hay gases de efecto invernadero (GEI) y/o la temperatura aumentará. En esta categoría hay ejemplos de estudiantes que confunden el efecto invernadero con el agujero de ozono. **Conceptos VII, VIII**
- **Categoría 2**  
El efecto invernadero se debe al hecho de que la energía saliente de la Tierra se ve afectada (impedida). Es común que los estudiantes en esta categoría describan diferentes tipos de tapas, filtros, o atmósfera más gruesa, etc. **Conceptos II, III, VII, VIII**
- **Categoría 3**  
La energía entrante (en forma de luz visible) no es afectada por los GEI, mientras que la energía saliente (en forma de radiación infrarroja (IR)) sí lo es. **Conceptos I, II, III, IV, VII, VIII**
- **Categoría 4a**  
La radiación IR es absorbida por los GEI por lo que la temperatura de la Tierra aumenta. **Conceptos II, III, V, VIa, VII, VIII**
- **Categoría 4b**  
La radiación IR es absorbida por los GEI por lo que la temperatura de la Tierra aumenta. La energía entrante es distinta de la saliente. **Conceptos I, II, III, IV, V, VIa, VII, VIII**
- **Categoría 5a**  
La radiación IR es absorbida por los GEI, los cuales re-irradian hacia la Tierra por lo que la temperatura de la Tierra aumenta. **Conceptos II, III, V, VIab, VII, VIII**
- **Categoría 5b**  
La radiación IR es absorbida por los GEI, los cuales re-irradian hacia la Tierra, por lo que la temperatura de la Tierra aumenta. La energía entrante es distinta de la saliente. Las respuestas que incluyen el concepto de reflexión no fueron incluidas en esta categoría. **Conceptos I, II, III, IV, V, VIab, VII, VIII**
- **Categoría 6**  
En resumen: la temperatura en la Tierra se determina por el balance dinámico, donde el punto de equilibrio se ve afectado, entre otras cosas, por la absorción de la radiación por los GEI. **Conceptos I, II, III, IV, V, VIabcd, VII, VIII**



### **ANEXO III**

#### Conceptos

- I. La tierra recibe energía del sol en forma de radiación en el espectro visible.
- II. La tierra emite energía hacia el espacio en forma de radiación infrarroja.
- III. La radiación puede ser absorbida por la atmósfera en mayor o menos medida.
- IV. La radiación entrante y la radiación saliente pueden ser afectadas por la atmósfera de diferentes maneras.
- V. Los gases presentes en la atmósfera tienen distinta capacidad de absorción. Algunos gases, los gases de efecto invernadero, absorben radiación IR mayormente.
- VI.
  - a) La energía absorbida genera un cambio en el balance de energía que provoca un aumento de temperatura de la atmósfera y la tierra mediante el siguiente proceso:
  - b) Aumenta la temperatura de la atmósfera.
  - c) Aumenta la radiación IR emitida por la atmósfera, y parte de ella es emitida hacia la tierra. La energía es re-irradiada.
  - d) La tierra recibe y absorbe radiación IR de la atmósfera. Aumenta la temperatura de la tierra.
- VII. La quema de combustibles fósiles provoca un aumento neto de gases de efecto invernadero (especialmente dióxido de carbono y vapor de agua) en la atmósfera.
- VIII. En resumen: La quema de combustibles fósiles lleva a un aumento de la temperatura de la tierra.